

## EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 06215790  
 PUBLICATION DATE : 05-08-94

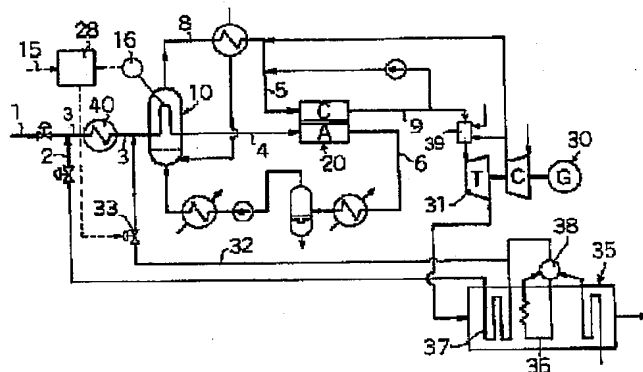
APPLICATION DATE : 19-01-93  
 APPLICATION NUMBER : 05006380

APPLICANT : ISHIKAWAJIMA HARIMA HEAVY IND  
 CO LTD;

INVENTOR : ONISHI KOICHI;

INT.CL. : H01M 8/06 H01M 8/04

TITLE : CONTROL METHOD OF REFORMER  
 TEMPERATURE IN FUEL CELL  
 GENERATING FACILITIES



ABSTRACT : PURPOSE: To provide a control method of reformer temperature capable of preventing the overheat of a reformer heat transfer part at the time of lowering the load of a fuel cell and circulating the whole quantity of CO<sub>2</sub> gas from anode side to cathode side.

CONSTITUTION: This device has a steam control valve 33, and a saturated steam line 32 for supplying a saturated steam from a boiler 35 between a raw material preheater 40 and a reformer 10, and a temperature rise of a normal or more of the reformer heat transfer part is detected by a temperature sensor 16. Otherwise, the steam control valve 33 is opened by a preceding signal based on load change command to mix the saturated steam into a fuel gas 3 in front of the reformer until the temperature of the reformer heat transfer part is returned into the normal. Otherwise, the steam control valve 33 is opened to supply the saturated steam to the combustor of the reformer until the temperature of the reformer heat transfer part is returned into the normal.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&Japio

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-215790

(43) 公開日 平成6年(1994)8月5日

(51) Int.Cl.<sup>5</sup>H 0 1 M 8/06  
8/04

識別記号

R  
T

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平5-6380

(22) 出願日 平成5年(1993)1月19日

(71) 出願人 000000099

石川島播磨重工業株式会社

東京都千代田区大手町2丁目2番1号

(72) 発明者 大西 孝一

東京都江東区豊洲3丁目2番16号 石川島

播磨重工業株式会社豊洲総合事務所内

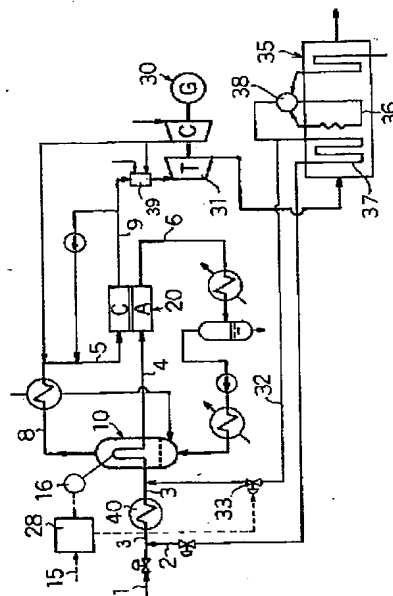
(74) 代理人 弁理士 堀田 実 (外1名)

(54) 【発明の名称】 燃料電池発電設備における改質器温度の制御方法

## (57) 【要約】

【目的】 燃料電池の負荷降下時の改質器伝熱部の過熱を防止することができ、かつCO<sub>2</sub>ガスをアノード側からカソード側に全量循環させることができる改質器温度の制御方法を提供する。

【構成】 蒸気制御弁33を有し、飽和蒸気をボイラ35から原料予熱器40と改質器10の間に供給する飽和蒸気ライン32を備え、改質器伝熱部の規定以上の温度上昇を温度センサー16により検出し、或いは負荷変化指令に基づく先行信号によって、蒸気制御弁33を開き、飽和蒸気を改質器伝熱部の温度が規定以内に復帰するまで改質器前の燃料ガス3に混入する。或いは、蒸気制御弁33'を開き、飽和蒸気を改質器伝熱部の温度が規定以内に復帰するまで改質器の燃焼器に供給する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 水蒸気を含む燃料ガスを予熱する原料予熱器と、前記燃料ガスを水素を含むアノードガスに改質する改質器と、アノードガスと酸素を含むカソードガスとから発電する燃料電池とを備え、燃料電池を出たアノード排ガスの全量が改質器の燃焼器に供給されて燃焼し、その燃焼排ガスの全量が燃料電池のカソード側に供給される燃料電池発電設備において、燃料電池を出たカソード排ガスから蒸気を発生させるボイラと、

蒸気制御弁を有し、飽和蒸気を前記ボイラから前記原料予熱器と改質器の間に供給する飽和蒸気ラインと、改質器伝熱部の温度を検出する温度センサーとを備え、改質器伝熱部の規定以上の温度上昇を前記温度センサーにより検出し、或いは負荷変化指令に基づく先行信号によって、前記蒸気制御弁を開き、飽和蒸気を改質器伝熱部の温度が規定以内に復帰するまで改質器前の燃料ガスに混入する、ことを特徴とする燃料電池発電設備における改質器温度の制御方法。

【請求項2】 水蒸気を含む燃料ガスを水素を含むアノードガスに改質する改質器と、アノードガスと酸素を含むカソードガスとから発電する燃料電池とを備え、燃料電池を出たアノード排ガスの全量が改質器の燃焼器に供給されて燃焼し、その燃焼排ガスの全量が燃料電池のカソード側に供給される燃料電池発電設備において、燃料電池を出たカソード排ガスから蒸気を発生させるボイラと、

蒸気制御弁を有し、飽和蒸気を前記ボイラから改質器の燃焼器に供給する飽和蒸気ラインと、改質器伝熱部の温度を検出する温度センサーとを備え、改質器伝熱部の規定以上の温度上昇を前記温度センサーにより検出し、或いは負荷変化指令に基づく先行信号によって前記蒸気制御弁を開き、飽和蒸気を改質器伝熱部の温度が規定以内に復帰するまで改質器の燃焼器に供給する、ことを特徴とする燃料電池発電設備における改質器温度の制御方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、燃料電池発電設備における改質器温度の制御方法に関し、更に詳しくは、負荷降下時の改質器伝熱部の過熱を防止する制御方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 溶融炭酸塩型燃料電池は、高効率、かつ環境への影響が少ないなど、従来の発電装置にはない特徴を有しており、水力・火力・原子力に続く発電システムとして注目を集め、現在世界各国で鋭意研究開発が行われている。特に天然ガスを燃料とする溶融炭酸塩型燃料電池を用いた発電設備では、図4に示すように天然ガス1と水蒸気2とを混合してなる燃料ガス3を水素を含

むアノードガス4に改質する改質器10と、アノードガス4と酸素を含むカソードガス5とから発電する燃料電池20とを一般的に備えており、改質器10で作られたアノードガス4は燃料電池20に供給され、燃料電池内でその大部分（例えば80%）を消費してアノード排ガス6となり、その水分を分離した後、燃焼用ガス7として改質器10の燃焼器に供給される。改質器では燃焼用ガス7中の可燃成分（水素、一酸化炭素、メタン等）を燃焼器で燃焼して高温の燃焼ガスを生成し、この高温の燃焼ガスにより改質管10aを加熱し改質管内を流れる燃料ガス3を改質する。改質器を出た燃焼排ガス8は空気11が合流してカソードガス5となり、このカソードガス5は、燃料電池20内で一部が反応して高温のカソード排ガス9となり、その一部がリサイクルされ、残りは動力回収装置30のタービン31で動力を回収し、ボイラ35で熱を回収して、系外に排出される。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 改質器伝熱部は通常、例えば900℃前後の高温で運転され、この温度は伝熱部材料の強度限界にきわめて近くなっている。従って、この部分の温度制御は改質器の信頼性を高める上で極めて重要である。一方、燃料電池内での主な電池反応は、 $H_2 + CO_3^{2-} \rightarrow H_2O + CO_2 + 2e^-$  のアノード反応と、

$1/2 O_2 + CO_2 + 2e^- \rightarrow CO_3^{2-}$  のカソード反応であり、アノード反応で発生した $CO_2$ ガスを、カソード反応に供するために燃料電池のカソード側に循環させる必要がある。図4の発電設備において、燃料電池から出たアノード排ガス6は水分を分離した後、その全量が燃焼用ガス7として改質器10の燃焼器に供給される。かかる発電設備で燃料電池の負荷が降下する際に、負荷指令に対応して改質器10への燃料ガス3の供給量を減少させるが、燃料電池20へ供給されるアノードガス4が実際に減少するまでに時間的な遅れが生じる。このため、発電負荷が降下し燃料電池20内の燃料（主として水素）の消費が減少している間、過渡的にアノード排ガス6の発熱量が上昇し、このアノード排ガス6の全量が改質器10で燃焼するため、燃焼した燃焼ガスが高温になり、改質管10a等の改質器伝熱部が過熱される問題点があった。このため、改質器伝熱部にホットスポットが発生して伝熱部が損傷したり、改質管内部に充填された改質触媒が劣化して寿命が短くなる等の問題点があった。また、かかる問題点を回避して短時間に負荷を降下させるために、アノード排ガス6の一部を、一時的に系外に排気すると、エネルギー損失と安全性が損なわれると共に、上述したカソード反応に用いる $CO_2$ ガスの循環量が低減し、高負荷運転に復帰する際に時間がかかる問題点があった。従って、従来は、燃料電池の発電負荷を降下させる際には、改質器伝熱部の温度が許容範囲内に入るように徐々に負荷を降下させていた。しか

し、このため、燃料電池の負荷応答特性が悪化し、短時間の負荷変動に対応できない問題点があった。

【0004】本発明は、上述した種々の問題点を解決するために創案されたものである。すなわち、本発明の目的は、燃料電池の負荷降下時の改質器伝熱部の過熱を防止することができ、かつCO<sub>2</sub>ガスをアノード側からカソード側に全量循環させることができる改質器温度の制御方法を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】燃料電池の部分負荷時にはボイラの発生蒸気量に比較して、改質用蒸気の必要量が少なくなり、この差が余剰分として発生している。本発明はかかる余剰蒸気を利用して改質器伝熱部の温度を下げようとするものである。すなわち、本発明によれば、水蒸気を含む燃料ガスを予熱する原料予熱器と、前記燃料ガスを水素を含むアノードガスに改質する改質器と、アノードガスと酸素を含むカソードガスとから発電する燃料電池とを備え、燃料電池を出たアノード排ガスの全量が改質器の燃焼器に供給されて燃焼し、その燃焼排ガスの全量が燃料電池のカソード側に供給される燃料電池発電設備において、燃料電池を出たカソード排ガスから蒸気が発生させるボイラと、蒸気制御弁を有し、飽和蒸気を前記ボイラから前記原料予熱器と改質器の間に供給する飽和蒸気ラインと、改質器伝熱部の温度を検出する温度センサーとを備え、改質器伝熱部の規定以上の温度上昇を前記温度センサーにより検出し、或いは負荷変化指令に基づく先行信号によって、前記蒸気制御弁を開き、飽和蒸気を改質器伝熱部の温度が規定以内に復帰するまで改質器前の燃料ガスに混入する、ことを特徴とする燃料電池発電設備における改質器温度の制御方法が提供される。また、本発明によれば、水蒸気を含む燃料ガスを水素を含むアノードガスに改質する改質器と、アノードガスと酸素を含むカソードガスとから発電する燃料電池とを備え、燃料電池を出たアノード排ガスの全量が改質器の燃焼器に供給されて燃焼し、その燃焼排ガスの全量が燃料電池のカソード側に供給される燃料電池発電設備において、燃料電池を出たカソード排ガスから蒸気が発生させるボイラと、蒸気制御弁を有し、飽和蒸気を前記ボイラから改質器の燃焼器に供給する飽和蒸気ラインと、改質器伝熱部の温度を検出する温度センサーとを備え、改質器伝熱部の規定以上の温度上昇を前記温度センサーにより検出し、或いは負荷変化指令に基づく先行信号によって、前記蒸気制御弁を開き、飽和蒸気を改質器伝熱部の温度が規定以内に復帰するまで改質器の燃焼器に供給する、ことを特徴とする燃料電池発電設備における改質器温度の制御方法が提供される。

【0006】

【作用】上記本発明の第1の方法によれば、改質器伝熱部の温度上昇を温度センサーにより検出し、或いは負荷変化指令に基づく先行信号によって、蒸気制御弁を開

き、飽和蒸気を改質器伝熱部の温度が規定以内に復帰するまで改質器前の燃料ガスに混入するので、混入した飽和蒸気により燃料ガスの温度が低下し、この燃料ガスが改質器に入るため、改質器伝熱部の燃料ガス温度が低下し、これにより改質器伝熱部の温度を下げるができる。また本発明の第2の方法によれば、改質器伝熱部の温度上昇を温度センサーにより検出し、或いは負荷変化指令に基づく先行信号によって、蒸気制御弁を開き、飽和蒸気を改質器伝熱部の温度が規定以内に復帰するまで改質器の燃焼器に供給するので、蒸気の顕熱上昇により燃焼用ガス7の燃焼温度が低下し、これにより改質器伝熱部の温度を下げるができる。更に、第1及び第2の方法により、アノード排ガスの全量が、改質器を介して燃料電池のカソード側に供給されるので、カソード反応に必要なCO<sub>2</sub>ガスの循環を確実に行うことができる。また、第1の方法により、改質器伝熱部に供給された過剰蒸気により、改質反応における水蒸気量の裕度が増し、改質器における炭素析出等を防止することができる。

【0007】

【実施例】以下、本発明の好ましい実施例を図面を参照して説明する。図3は、発電負荷（発電出力）と蒸気量との関係を示す模式図である。この図において、横軸は発電負荷率P（％）を示し、縦軸のQ<sub>1</sub>はボイラにおける発生蒸気量を、Q<sub>2</sub>は改質用の蒸気所要量を示している。この図から明らかなように、燃料電池の部分負荷時にはボイラの発生蒸気量に比較して、改質用蒸気の必要量が少なくなり、この差が余剰分として発生している。特に、負荷率P（％）が小さくなると、動力回収装置30におけるタービン31の回転又は出力を維持するためにカソード排ガスライン9に補助燃焼器39を備え、これに補助燃料を供給して燃焼させるため、発生蒸気量Q<sub>1</sub>が一定となり、余剰蒸気量が多くなる。この余剰蒸気は従来、復水させて水回収するか、動力回収装置30のタービン31に供給して動力を回収していたが、保有エネルギーの多くはロスとなっていた。本発明はかかる余剰蒸気を飽和蒸気の状態に取り出し、改質器前の燃料ガスに混入することにより、混入した飽和蒸気により燃料ガスの温度を下げ、これにより改質器伝熱部の温度を下げようとするものである。

【0008】図1は、本発明による第1の方法を実施するための熔融炭酸塩型燃料電池の発電設備を示す全体構成図である。なお、この図において図4と同一のものには同一の符号を使用している。図1において、燃料電池発電設備は、天然ガス等の燃料1と水蒸気2が混合された燃料ガス3を予熱する原料予熱器40と、燃料ガス3を水素を含むアノードガス4に改質する改質器10と、アノードガス4と酸素を含むカソードガス5とから発電する燃料電池20とを備え、燃料電池20を出たアノード排ガス6の全量が改質器10の燃焼器に供給されて燃

焼し、その燃焼排ガス8の全量が燃料電池20のカソード側Cに供給されるようになっている。燃料電池20は、アノードガス4が通過するアノード側Aと、カソードガス5が通過するカソード側Cとからなり、アノードガス中の水素、一酸化炭素と、カソードガス中の酸素、二酸化炭素とから化学反応により電気を発生する。前述のように、この電池反応により、アノード側でCO<sub>2</sub>ガスが発生し、カソード側でCO<sub>2</sub>ガスが消費される。

【0009】燃料電池発電設備は、燃料電池20を出たカソード排ガス9から蒸気を発生させるボイラ35を有する。このボイラ35は、水を蒸発させる蒸発管36と、蒸発した蒸気を更に加熱する過熱管37と、それらの間に設けられ飽和蒸気を分離する蒸気ドラム38とを備えている。図1の燃料電池発電設備は更に、飽和蒸気をボイラ35から原料予熱器40の出口と改質器10の入口の間に供給する飽和蒸気ライン32と、改質器伝熱部の温度を検出する温度センサー16とを備え、飽和蒸気ライン32にはその中間に蒸気制御弁33が設けられている。飽和蒸気は、蒸気ドラム38と過熱管37との間から取り出され、完全な飽和蒸気或いはわずかに過熱された飽和蒸気に近い蒸気であることが好ましい。図1の発電設備は更に、制御装置28を備える。蒸気制御弁33は流量調節弁であり、これは制御装置28からの制御信号により開閉されるようになっている。制御装置28には更に、発電設備全体の負荷指令信号15と、温度センサー16の検出信号が入力されるようになっている。その他の点は、図4に示した発電設備と同様であり、ここでは重複を避けて説明を省略する。

【0010】図1に示した燃料電池発電設備における改質器温度の第1の制御方法を以下に説明する。かかる発電設備で燃料電池の負荷が降下する際に、負荷変化指令に基づく先行信号が出される。改質器伝熱部の規定以上の温度上昇を前記温度センサー16により検出し、或いは負荷変化指令に基づく先行信号によって、蒸気制御弁33を開いて、飽和蒸気を改質器伝熱部の温度が規定以内に復帰するまで改質器前の燃料ガス3に混入する。原料予熱器40で予熱された燃料ガス3（すなわち改質器前の燃料ガス）は、改質器内で安定して反応するように、通常高温（例えば約450℃）であり、一方飽和蒸気は、温度が低く（200℃以下）、冷却能力が大きい。このため、混入した飽和蒸気により燃料ガス3の温度が低下し、この温度が下がった燃料ガス3が改質器に入るため、改質器伝熱部の燃料ガス温度が低下し、これにより改質器伝熱部の温度を下げるができる。また、かかる第1の方法によれば、アノード排ガス6の全量が、改質器を介して燃料電池20のカソード側Cに供給されるので、カソード反応に必要なCO<sub>2</sub>ガスの循環を確実に行うことができる。なお、負荷が降下する際には改質器が必要とする蒸気量も低下しているので上記操作が可能であり、かつ蒸気制御弁33を介して改質器伝

熱部に供給された過剰蒸気により、改質反応における水蒸気量の裕度が増し、改質器における炭素析出等を防止することができる。

【0011】図2は、本発明による第2の方法を実施するための溶融炭酸塩型燃料電池の発電設備を示す全体構成図である。なお、この図において図1と共通する部分には同一の符号を使用し、詳細な説明を省略する。図2の発電設備は、図1の飽和蒸気ライン32とは異なる飽和蒸気ラインを有する。すなわち、図2の発電設備は、飽和蒸気をボイラ35から改質器10の燃焼器に供給する飽和蒸気ライン32'と、改質器伝熱部の温度を検出する温度センサー16とを備え、飽和蒸気ライン32'にはその中間に蒸気制御弁33'が設けられている。この飽和蒸気は、図1と同様に、蒸気ドラム38と過熱管37との間から取り出され、完全な飽和蒸気或いはわずかに過熱された飽和蒸気に近い蒸気であることが好ましい。また、図2の発電設備では、図1における原料予熱器40は必ずしも不可欠ではない。図2の燃料電池発電設備は更に、図1と同様な制御装置28'を備える。蒸気制御弁33'は流量調節弁であり、これは制御装置28'からの制御信号により開閉されるようになっている。制御装置28'には更に、発電設備全体の負荷指令信号15と、温度センサー16の検出信号が入力されるようになっている。

【0012】図2に示した燃料電池発電設備における改質器温度の制御方法を以下に説明する。改質器伝熱部の規定以上の温度上昇を前記温度センサー16により検出し、或いは負荷変化指令に基づく先行信号によって、前記蒸気制御弁33'を開いて飽和蒸気を改質器伝熱部の温度が規定以内に復帰するまで改質器の燃焼器に供給する。これにより、蒸気の顕熱上昇により燃焼用ガス7の燃焼温度が低下し、改質器伝熱部の温度を下げるができる。また、かかる第2の方法によっても、アノード排ガス6の全量が、改質器を介して燃料電池20のカソード側Cに供給されるので、カソード反応に必要なCO<sub>2</sub>ガスの循環を確実に行うことができる。なお、蒸気制御弁33'を介して改質器10に供給された過剰蒸気はその全量が動力回収装置30を通り、タービン31で動力を回収することができる。

【0013】

【発明の効果】上述したように、本発明の第1の方法によれば、改質器伝熱部の温度上昇を温度センサーにより検出し、或いは負荷変化指令に基づく先行信号によって、蒸気制御弁を開き、飽和蒸気を改質器伝熱部の温度が規定以内に復帰するまで改質器前の燃料ガスに混入するので、混入した飽和蒸気により燃料ガスの温度が低下し、この燃料ガスが改質器に入るため、改質器伝熱部の燃料ガス温度が低下し、これにより改質器伝熱部の温度を下げることができる。また、かかる第1の方法によれば、アノード排ガスの全量が、改質器を介して燃料電池

7  
のカソード側に供給されるので、カソード反応に必要なCO<sub>2</sub>ガスの循環を確実に行うことができる。更に、改質器伝熱部に供給された過剰蒸気により、改質反応における水蒸気量の裕度が増し、改質器における炭素析出等を防止することができる。また、本発明の第2の方法によれば、改質器伝熱部の温度上昇を温度センサーにより検出し、或いは負荷変化指令に基づく先行信号によって、蒸気制御弁を開き、飽和蒸気を改質器伝熱部の温度が規定以内に復帰するまで改質器の燃焼器に供給するので、蒸気の顕熱上昇により燃焼用ガス7の燃焼温度が低下し、これにより改質器伝熱部の温度を下げるができる。かかる第2の方法によっても、アノード排ガスの全量が、改質器を介して燃料電池のカソード側に供給されるので、カソード反応に必要なCO<sub>2</sub>ガスの循環を確実に行うことができる。

【0014】従って、本発明により、燃料電池の負荷降下時の改質器伝熱部の過熱を防止することができ、かつCO<sub>2</sub>ガスをアノード側からカソード側に全量循環させることができる改質器温度の制御方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による第1の方法を実施する発電設備を示す全体構成図である。

【図2】本発明による第2の方法を実施する発電設備を示す全体構成図である。

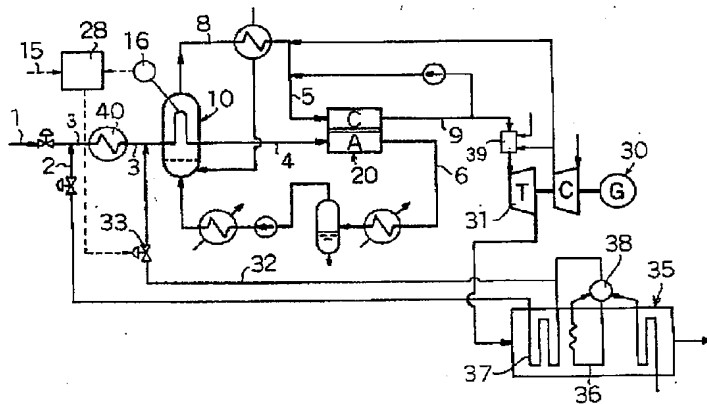
【図3】発電負荷（発電出力）と蒸気量との関係を示す模式図である。

8  
。【図4】従来の発電設備を示す全体構成図である。

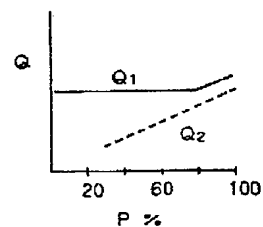
【符号の説明】

- 1 天然ガス
- 2 水蒸気
- 3 燃料ガス
- 4 アノードガス
- 5 カソードガス
- 6 アノード排ガス
- 7 燃焼用ガス
- 8 燃焼排ガス
- 9 カソード排ガス
- 10 改質器
- 10 a 改質管
- 11 空気
- 15 負荷指令信号
- 16 温度センサー
- 20 燃料電池
- 28 28' 制御装置
- 30 動力回収装置
- 31 タービン
- 32 32' 飽和蒸気ライン
- 33 33' 蒸気制御弁
- 35 ボイラ
- 36 蒸発管
- 37 過熱管
- 38 蒸気ドラム
- 39 補助燃焼器

【図1】



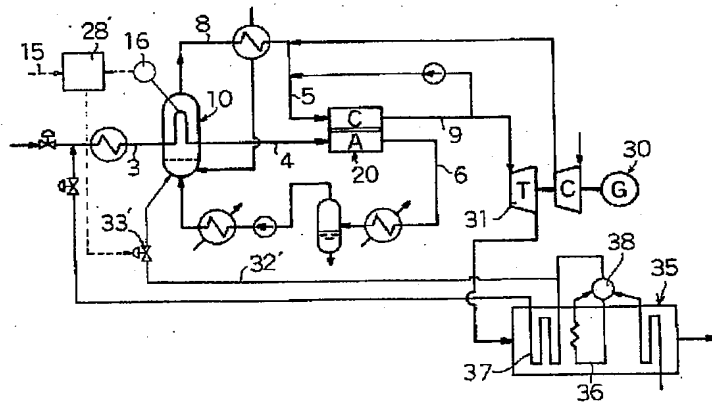
【図3】



(6)

特開平6-215790

【図2】



【図4】

